

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NELSON DONNINI

IMPACTO DA VARIEDADE DE PRODUTOS EM CUSTOS LOGÍSTICOS: UM
ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

CURITIBA
2016

NELSON DONNINI

IMPACTO DA VARIEDADE DE PRODUTOS EM CUSTOS LOGÍSTICOS: UM
ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

Monografia apresentada ao Departamento de Administração Geral e Aplicada da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de especialista em Gerência de Sistemas Logísticos.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Pécora Junior

CURITIBA
2016

RESUMO

Neste trabalho será realizada uma pesquisa bibliométrica em forma de artigo sobre publicações relevantes abordando o impacto que o aumento da variedade de produtos tem nas indústrias, mais especificamente em seus custos logísticos. Encontrou-se na literatura o argumento de que este aumento de variedade pode ser fundamental para aumento da participação de mercado das empresas, porém, do ponto de vista industrial, esta decisão pode aumentar a complexidade dos processos logísticos e de manufatura, fato que pode demandar mais recursos e elevar os custos totais da operação. É apresentada uma estrutura de custos logísticos que será utilizada para guiar a análise de cada referência da pesquisa. A literatura descrita neste trabalho apresentou modelos para otimizar a decisão sobre variedade de produtos relacionada com margens de lucro, exemplos de casos reais relacionados à variedade de produtos e impactos relacionados a soluções para lidar com a variedade. Ao final do trabalho é apresentado um quadro resumo relacionando cada referência analisada com os impactos em custos logísticos discutidos.

ABSTRACT

On this study, a bibliometric research will be presented in a scientific paper format on relevant publications dealing with the impact that the increase in product variety has on industries, more specifically on its logistics costs. It was found on literature the argument that this increase in variety can be fundamental for increasing the market share of companies, while, from an industrial point of view, this decision may increase the logistics and manufacturing processes complexity, which can end up demanding more resources, raising the total cost of the operation. It is presented a logistics costs frame, which will be used to guide the analysis of each research reference. The literature described on this work presented mathematic models to optimize the decision-making on product variety related to profit margins, real case examples related to product variety and impacts related to solutions to deal with variety. At the end of this study, a summary table relating each reference analyzed with the impacts on the described logistics costs.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	MÉTODO	9
3	DESENVOLVIMENTO	10
4	RESULTADOS	19
5	CONCLUSÕES E DIRECIONAMENTOS FUTUROS.....	20
6	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

Apesar de conhecida a potencial relação entre aumento da diversidade de componentes e produtos e a complexidade dos processos logísticos, a análise de viabilidade de tal aumento por vezes ignora ou subestima o possível efeito nestes processos logísticos, o que pode ser justificado pela dificuldade no levantamento de todos os impactos ou pelo julgamento de que estes impactos não sejam representativos em termos de custos.

Esta percepção é reforçada pelo autor, que vivenciou esta realidade durante uma fase de sua experiência profissional, como responsável pelo levantamento da necessidade de investimentos logísticos em uma indústria fornecedora de peças do setor automotivo. Ao notar a extensão dos impactos do aumento da variedade de produtos e componentes não só no valor de investimentos como também nos custos diretos e indiretos do setor de logística, foi possível constatar que estes impactos vinham sendo sistematicamente ignorados ou subestimados, sendo contornados ou tratados somente após a identificação dos seus efeitos negativos, ou seja, no momento em que já haviam impactado o resultado financeiro da unidade.

Diante do exposto, faz-se necessário conhecer os meios para identificar e estimar os impactos decorrentes da decisão de aumentar a diversidade de componentes ou produtos nos custos do processo industrial.

Este aumento na variedade de produtos, porém, pode aumentar os lucros, conforme indicam estudos de marketing e economia, através da complementaridade entre produtos, diferenças na preferência dos consumidores e maior chance de sucesso para um novo produto (FISHER; ITTNER, 1999).

No começo do século XX, Henry Ford atingiu um crescimento sem precedentes com sua estratégia de baixa diversidade de produtos, caracterizada por sua frase “O cliente pode ter um carro pintado com a cor que desejar, contanto que seja preto”. Anos depois, porém, a companhia General Motors se tornou a maior empresa do mundo utilizando-se da estratégia de alta diversidade e preço diferenciado (FISHER et al., 1995).

Afirma Royer (2007) que “a crescente concorrência observada entre empresas de manufatura tem gerado uma necessidade cada vez maior por produtos customizados”, demandando novas linhas de produto ou inovações e, de acordo

com Porter (2004), podendo requerer novos métodos de fabricação e distribuição, impedindo a obtenção de economias de escala ou de aprendizagem.

Ainda, de acordo com Mauss et al. (2007), uma adoção da estratégia de diferenciação dos produtos através da customização sob medida incrementa os custos operacionais, caracterizando um trade-off entre custo e flexibilidade.

Outro fato observado é a necessidade de redução de custos visando agregar valor aos acionistas. Tais propostas de redução requerem análise no âmbito global, pois, mesmo que algum critério da proposta venha a apresentar resultados positivos, outros podem ser impactados negativamente, resultando em um aumento no custo total (BALLOU, 2006), fato que também caracteriza um trade-off.

No âmbito logístico, o trade-off pode ser descrito como a troca compensatória entre os elementos de custos logísticos, sendo identificado a cada alternativa de solução (a redução de um destes elementos pode vir a resultar em aumento do custo logístico total) (FARIA; COSTA, 2005).

De acordo com Faria e Costa (2005), os custos logísticos podem ser descritos como “aqueles em que a empresa incorre ao longo do fluxo de materiais e bens, dos fornecedores à fabricação (Logística de Abastecimento), nos processos de produção (Logística de Planta) e na entrega ao cliente, incluindo o serviço pós-venda”.

Ao considerar o relacionamento com o objeto (fornecedor, cliente, produto, regiões ou canais de distribuição), pode-se classificar os custos em diretos, apropriados a cada tipo de objeto e facilmente identificáveis no momento da ocorrência, e indiretos, que não se podem apropriar diretamente no momento da ocorrência, tendo medição e alocação mais difíceis (FARIA; COSTA, 2005).

Ao considerar a Logística como um macroprocesso, é possível decompô-la em três processos básicos: Abastecimento (atividades realizadas para disponibilizar os materiais e componentes para a produção), Planta (envolvendo o fluxo de materiais e componentes na manufatura dos produtos em processo) e Distribuição (entrega do produto ao cliente) (FARIA; COSTA, 2005).

Para facilitar a apuração do custo logístico total, Faria e Costa (2005), propuseram sua divisão em nove elementos de custo individuais: custos de armazenagem e movimentação de materiais, custos de transporte, custos de embalagens, custos de manutenção de inventários, custos de tecnologia de informação, custos decorrentes de lotes, custos tributários, custos decorrentes do

nível de serviço e custos de administração logística, os quais serão descritos nos itens a seguir.

1.1 Custos de armazenagem e movimentação de materiais

Os custos de armazenagem e movimentação de materiais decorrem das atividades de movimentação dos materiais, embalagens e produtos e do acondicionamento dos estoques (FARIA; COSTA, 2005). Estes são influenciados por fatores como características de recebimento e acondicionamento, características de seleção de pedido, necessidades de etiquetagem e reembalagem, uso de mão de obra direta, equipamentos ou recursos indiretos (supervisão, manutenção, limpeza, segurança, etc.) (FARIA; COSTA, 2005).

Apesar de os sistemas de distribuição, a fim de aumentar sua eficiência, buscarem não manter estoques por períodos excessivos, tais períodos podem se justificar (BOWERSOX; CLOSS, 2001), como nos casos em que estes estoques contribuam para, por exemplo, uma redução no custo de transporte, reduzindo o custo total da operação, caracterizando um trade-off (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

De acordo com Bowersox e Closs (2001), “o manuseio de produtos é a chave da produtividade dos depósitos”, sustentando: que esta atividade requer quantidade elevada de mão de obra e é geralmente mais sensível à variação de produtividade desta; que há limitações quanto ao uso de avançadas tecnologias de informação (o manuseio ainda é uma atividade preponderantemente manual); e que a administração integrada com outras atividades logísticas tardou a receber atenção da alta administração das empresas.

1.2 Custos de transporte

A atividade de transporte “envolve o deslocamento externo do fornecedor para a empresa, entre plantas e da empresa para o cliente” (FARIA; COSTA, 2005) e para Bowersox e Closs (2001), seus custos são afetados por sete fatores econômicos: distância percorrida, volume da carga, densidade da carga, facilidade de acondicionamento (relacionada principalmente ao formato das unidades da carga), facilidade de manuseio, grau de responsabilidade (influenciada pelo risco de danos e incidência de reclamações) e mercado (como efeitos de sazonalidade e distribuição dos locais de produção e demanda).

Custos de transporte podem ser classificados de diversas maneiras, como variáveis (custos diretos da transportadora inerentes ao transporte de carga), fixos (não afetados diretamente pela quantidade de carga movimentada como, por exemplo, custos de terminais, direitos de acesso, sistemas de informação e depreciação de veículos) e derivados (custos inevitáveis decorrentes da decisão prestação de serviço, como o custo de retorno de um veículo após uma entrega) (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

1.3 Custos de embalagens

Na logística, as embalagens e dispositivos de movimentação objetivam principalmente facilitar o manuseio, a movimentação e a armazenagem, otimizar a ocupação em veículos de carga, proteger o produto e prover o valor de reutilização para o usuário (FARIA; COSTA, 2005). Ao se analisar os custos e trade-offs pertinentes às embalagens, é possível proporcionar significativas economias nos custos totais de distribuição (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

1.4 Custos de manutenção de inventários

Conforme citado por Bowersox e Closs (2001), “o custo de manutenção de estoque é o custo incorrido para manter o estoque disponível”, e pode incluir o custo de capital, facilmente calculável, e custos que variam conforme a natureza de cada produto, como os custos de impostos, seguro, obsolescência e armazenagem. Faria e Costa (2005) relembram da necessidade de considerar os trade-offs ao analisar o custo total para manter o estoque, pois existe relação com outros elementos de custos, como transporte e armazenagem.

1.5 Custos de tecnologia da informação

Custos de tecnologia de informação, como os decorrentes da utilização de sistemas de gerenciamento da cadeia de suprimentos, sistemas de gestão da armazenagem, sistemas voltados para o transporte, softwares de localização e rastreamento, sistemas de controle de inventários, intercâmbio eletrônico de dados, entre outros, visam à obtenção de retorno na forma de padronização e redução na quantidade de documentos, melhorando o fluxo de materiais, abastecimento uniforme das necessidades, controle do inventário em trânsito, redução do estoque de segurança e maior integridade de dados (FARIA; COSTA, 2005). Esses

benefícios tornam a informação um fator importante para melhoria na competitividade da logística, aperfeiçoando o planejamento, as operações e a avaliação de desempenho (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

1.6 Custos tributários

Os custos tributários podem incidir sobre praticamente todos os agregados econômicos, como renda, trabalho, propriedade, fluxos de materiais e de serviços, merecendo atenção especial, já que existem soluções logísticas que podem existir para sua minimização (FARIA; COSTA, 2005).

1.7 Custos decorrentes de lotes

Os custos associados ao tamanho de lote podem incluir custos de preparação de produção, capacidade perdida devido à troca de ferramentas ou máquinas e aqueles devido a planejamento, manuseio e movimentação de materiais (FARIA; COSTA, 2005). Ainda, de acordo com Bowersox e Closs (2001), quanto maior a quantidade comprada por pedido, menor será a necessidade de pedidos, reduzindo os custos de emissão e colocação de pedidos.

1.8 Custos decorrentes do nível de serviço

O nível de serviço ao cliente está associado ao que se deseja em termos de disponibilidade, confiabilidade e desempenho, podendo requerer maior nível de estoques, pessoal e sistemas de informação, aumentando os custos logísticos (FARIA; COSTA, 2005).

1.9 Custos de administração logística

Custos de administração logística são aqueles relacionados à existência de um gestor responsável por todos os processos logísticos, como gastos com tecnologia da informação, mão de obra e depreciação de equipamentos, entre outros, para a realização dos serviços de apoio à logística na empresa (FARIA; COSTA, 2005).

2 MÉTODO

O presente trabalho foi desenvolvido na forma de pesquisa bibliométrica, utilizando para procura das publicações as bases *Web of Science*, *Emerald Insight*, *The International Journal of Logistics Management* e *Scholar Google*, tendo como termos de procura variedade de produtos, diferenciação de produtos, custos,

diversificação de produtos, logística, cadeia de suprimentos, *product variety*, *product differentiation*, *component variety*, *product diversity*, *mass customization*, *postponement*, *logistics costs*, *logistics*, *supply chain*.

Buscou-se também, através dos termos variedade, diversificação, diferenciação e proliferação, encontrar publicações relacionadas ao tema em periódicos de contabilidade como a Revista Brasileira de Gestão de Negócios, Revista de Contabilidade e Organizações, Revista Contemporânea de Contabilidade, Revista Universo Contábil e Enfoque: Reflexão Contábil, porém não foram encontrados estudos relevantes ao tema abordado.

Para estruturar a identificação dos pontos relevantes nas referências consideradas, foi proposta uma forma de categorização para custos logísticos. O impacto relacionado a estes custos logísticos de cada referência será apresentado no final do trabalho na forma de um quadro resumo.

3 DESENVOLVIMENTO

Dentre os estudos analisados, verificou-se que boa parte pretende auxiliar no processo decisório relacionado a diversidade de produtos através do desenvolvimento ou adaptação de modelos matemáticos e simulação de cenários. Geralmente apresentam limitações em relação às condições reais de mercado, mas auxiliam na identificação de possíveis efeitos que algumas variáveis isoladas ou combinadas tendem a causar.

Syam e Bhatnagar (2015) propõem um modelo que pretende otimizar o lucro líquido, considerando o possível efeito de o custo total, com o aumento da variedade, apresentar em determinada faixa intermediária uma redução ou estabilização, o que pode ser justificado com economias de escala através de aplicação de modularização (FISHER; ITTNER, 1999), compartilhamento de componentes e postergação da montagem (LEE; TANG, 1997). A função objetivo deste modelo possui como variáveis que contribuem para a redução do lucro líquido conforme aumenta-se a variedade os custos de setup, adicionados separadamente para cada variedade produzida, e os custos de manutenção de inventário, considerados como uma média do estoque ao longo do período analisado.

O estudo de Kekre e Srinivasan (1990) se propõe a investigar através de um modelo matemático os efeitos positivos e negativos da ampliação de linhas de

produtos e, ao contrário da maioria dos outros analisados, não encontrou efeitos negativos relevantes com o aumento da variedade. Neste modelo considera-se que há aumento da participação de mercado devido à inclusão de novos produtos, consequentemente maior volume produzido, e, ao contrário do que os próprios autores esperavam, redução no custo de manufatura e custos de inventário quando considerados como percentual da receita. Consideram que os resultados vantajosos ao se aumentar a variedade de produtos pode ser resultante de dados obtidos de empresas que já atuem no sentido de reduzir os impactos desta variedade, como adotando manufatura em células, implementando práticas de Just in Time, aplicando tecnologias de manufatura flexível, integrando práticas de integração de marketing, manufatura e distribuição, utilizando fábricas dedicadas para cada variedade de produto ou ainda utilizando componentes comuns para os produtos diferentes (comunização de componentes).

Berry e Cooper (1999) aplicam um modelo voltado a compreender a flexibilidade em relação à variedade de produtos e o desempenho de manufatura em termos de custos e margens, comentando que o desalinhamento entre estratégias de marketing e manufatura pode ter efeitos adversos nas empresas. O modelo é genérico, sendo aplicado no estudo em uma empresa do ramo químico, na qual demonstrou-se que a fabricação em lotes menores reduz a margem de contribuição, tanto pelo custo devido ao tempo de setup quanto pela menor produtividade obtida durante as corridas de produção, uma vez que o processo nesta empresa foi desenvolvido para grandes lotes e apresenta pequenas perdas em lotes menores. Uma possibilidade do modelo proposto pelos autores é comparar a lucratividade para o caso de uma nova variedade de produto que é adicionada possuindo um valor de revenda maior que o produto tradicional, o que muda a relação entre tamanho de lote e margem de contribuição obtida.

Thonemann e Bradley (2002) analisam o efeito da variedade de produtos no desempenho da cadeia de suprimentos, medido em termos de tempo de atravessamento e de custo previsto nas lojas do varejo, desenvolvendo um modelo de análise que considera um único fabricante e várias lojas. Concluem que, quando os tempos de setup são consideráveis, o efeito da variedade de produtos é substancialmente maior do que o sugerido na literatura de processos flexíveis de manufatura, em que se sugere que os custos tendem a crescer proporcionalmente à

raiz quadrada da variedade de produtos. Mostram um exemplo real de fabricante de disco rígidos, em que o tempo de atravessamento (lead time) médio das linhas de produto com maior variedade é maior do que o das linhas com menor variedade e argumentam que o aumento deste tempo de atravessamento faz com que os varejistas retenham maiores estoques, aumentando seus custos.

Benjaafar et al. (2004) examinam também através de modelo matemático os efeitos da variedade de produtos em um sistema de produção-inventário com capacidade finita onde produtos são fabricados para estoque e compartilham a mesma unidade fabril. Devido à existência de um tempo de setup para alternar a produção de cada variedade de produtos, as corridas de produção ocorrem em lotes, aumentando os lead times de abastecimento e consequentemente aumentando os níveis de estoque e os níveis de pedidos não atendidos. Devido ao maior número de itens distintos inventariados, aumenta-se também o custo com controle de estoque. O estudo destes autores, porém, mostra que com o acréscimo da variabilidade da demanda ou do processo reduz-se o custo relativo de se oferecer maior variedade de produtos. Por outro lado, se os tempos de setup ou a variabilidade destes tempos são altos, o custo relativo da variedade pode ser significativo.

No artigo de Groote e Yücesan (2011), no qual estuda-se um sistema integrado simples entre produção e distribuição com tempo de setup significativo utilizando-se modelos matemáticos e simulação, argumenta-se que o desempenho de um sistema deteriora-se significativamente conforme o número de produtos aumenta, ao se manter a taxa total de demanda constante. Os autores concluem que o custo esperado de inventários e o devido à falta de produtos cresce linearmente com o aumento da variedade de produtos. Afirmam ainda que várias empresas têm atuado no sentido de mitigar os efeitos negativos da proliferação de produtos, como investindo em tecnologia de informação, comunização de componentes ou postergação de manufatura.

Na simulação realizada em cadeias de suprimentos multinacionais por Er e MacCarthy (2006), os resultados indicaram que oferecer maior variedade de opções de materiais quando estes são críticos para a produção pode aumentar em 30% o tempo de atravessamento. Os experimentos indicam, porém, que se estes materiais são inseridos somente nas últimas etapas do processo produtivo e apresentam

tempos de setup baixos não há impacto significativo no desempenho. A maior contribuição deles, todavia, ocorre ao simular os casos em que há incerteza nos tempos necessários para abastecimento pelos fornecedores, aumentando o tempo de atravessamento e os níveis de inventário em cerca de 50% e 160%, respectivamente, e incerteza nos níveis de demanda, que aumenta estes valores em 140% e 250%, respectivamente. Em situações com incerteza tanto por parte do fornecimento quanto por parte da demanda geram acréscimo de 200% no tempo de atravessamento e 400% nos inventários, confirmando a importância do controle da variedade de produtos em operações internacionais.

Vilas e Vandaele (2002) buscam medir o que denominam como heterogeneidade do sistema de produção e estendem o índice tradicional de variedade de produtos desenvolvido por De Groote (1994) em direção a um índice multifatorial incluindo características operacionais e custos dos produtos. O índice de heterogeneidade proposto pelos autores acrescenta ao índice original os fatores de variação relativa dos tempos de setup e variação relativa dos tempos de produção, considerando assim os efeitos de possíveis desequilíbrios na linha de produção. Afirmam com a utilização de modelos matemáticos que o aumento da variedade leva resulta em um congestionamento, pois ocorrem mais operações de setup e contribuem para análise dos custos logísticos com a possibilidade de se usar o índice proposto como uma ferramenta para comparar de forma rápida diferentes sistemas de produção ou o efeito de investimentos em equipamentos que impactarão nos tempos de setup e por consequência nos custos decorrentes de lotes.

Martin e Ishii (1996) avançam a partir de um estudo posterior de Ishii et. Al (1995) para criar três índices que auxiliam a mensurar o impacto da variedade de produtos nos custos: índice de comunização, índice do ponto de diferenciação e índice do custo de setup, os quais são desenvolvidos através de modelos matemáticos. Para os autores, a associação destes índices permite estimar parte dos custos indiretos que são elevados devidos à variedade, como manutenção de fornecedores, custos com expedição, documentação, sistemas de tecnologia da informação, gestão (administração), movimentação de materiais, setups de produção, acréscimo de estoques de matéria-prima, estoques em processo e de produto acabado.

Outros trabalhos buscam trazer dados reais pesquisados para relacionar com hipóteses ou evidenciar a existência de efeitos relacionados à alteração na variedade de produtos, como os realizados por Wan e Dresner (2015), Huang e Su (2013) e Mauss et al. (2007) sem distinguir setores específicos de indústrias, os realizados por Cooper e Griffiths (1994) e Fisher e Ittner (1999) analisando o setor automotivo, o de Randall e Ulrich (2001) sobre a indústria de bicicletas dos Estados Unidos e o de Crippa et al. (2010) no setor de aparelhos eletrônicos de uma multinacional europeia.

Wan e Dresner (2015) citam alguns impactos decorrentes do aumento da variedade de produtos, como o aumento nos custos de setup, o acréscimo de trabalho requerido para preparação e manipulação dos pedidos e operações como descarga, alocação e manuseio de componentes (aumentando os custos de armazenagem e movimentação de materiais) e maior risco de armazenamento em local incorreto ou erro em registro nos sistemas de controle (impacto no nível de serviço). Explicam que como resultado as empresas tendem a adicionar estoques de segurança, aumentando o custo para manutenção de inventários. O seu trabalho se propõe a analisar como os efeitos de decisões do passado relativas à variedade de produtos impactam este mesmo tipo de decisão no presente, concluindo que o aumento na demanda (resultante de um aumento na variedade de produtos) tem uma influência rápida nas tomadas de decisão, enquanto que o aumento de custos operacionais, por demorar mais para ser relacionado à variedade de produtos, leva mais tempo para influenciar futuras tomadas de decisão.

O foco do artigo de Huang e Su (2013) é sobre o impacto da variedade de produtos na logística reversa, descrita como a série de atividades necessárias para resgatar um produto de um consumidor com o fim de descartá-lo ou recuperar seu valor remanescente. O foco no estudo é nos produtos que são devolvidos por qualquer razão em até noventa dias após sua venda e serão encaminhados para remanufatura. Considera-se que devido à constante atualização tecnológica os produtos perdem valor com o tempo a uma taxa constante e que ao reduzir o tempo para se trazer um produto ao seu processo de remanufatura aumenta a lucratividade do processo. A necessidade de retornar o produto ao mercado, aliada ao aumento da variedade de produtos, faz com que os lotes de remanufatura sejam reduzidos,

aumentando a frequência de entregas, o que por sua vez encarece o custo com transporte.

Mauss et al. (2007) apresentam a teoria da gestão estratégica de custos relacionada ao trade-off existente entre a produção em massa a um custo menor e a produção customizada (maior variedade de produtos), apresentando um exemplo de uma empresa de móveis. Neste exemplo pelos autores analisado, após a transição de um modelo de produtos padronizados para o modelo de produção customizada (móveis feitos sob medida), houve aumento dos custos fixos decorrentes do maior tempo de produção das peças customizadas (como os tempos devido aos lotes que passaram a ser individuais), da necessidade de maiores controles operacionais, tecnologia de venda e treinamento (utilização de software para customização) e maior interação com os pontos de venda. Houve, em contrapartida, um aumento nas vendas proporcionado pela diferenciação e observou-se uma redução do estoque (quantificado em dias) o que contribuiu para que a margem de lucro aumentasse em 166%.

Cooper e Griffiths (1994) identificam as quatro fontes principais de variedade em sistemas logísticos da indústria automotiva: classe do carro, componentes, fornecedores e transportadoras. Definem regras sobre gestão da complexidade, entre elas a de que elevada variedade tende a acrescer a complexidade das operações logísticas, aumentando os custos diretos e indiretos, apresentando uma tabela com as consequências logísticas decorrentes de baixa e alta variedade. Destas consequências, pode-se identificar que a alta variedade traz maior dificuldade de previsão e programação de produção (maior custo de administração logística), necessidade de se desenvolver sistema MRP (custo com tecnologia de informação), sistemas complexos de armazenagem ou má utilização (custos de armazenagem), alto número de entregas (custos de transportes), entre outros. Finalizam discutindo como o redesenho de sistemas logísticos podem reduzir ou eliminar estes efeitos negativos.

O levantamento realizado em plantas do setor automotivo e simulação realizados por Fisher e Ittner (1999) indicaram que é necessário separar, nas análises do impacto de variedade, os custos fixos dos custos variáveis, uma vez que nos casos estudados pode-se ter havido investimentos (custos fixos) que foram realizados mas que estejam sendo ignorados, os quais podem auxiliar a mitigar os

efeitos negativos causados por incremento da variedade de produtos. Afirmam também que, no setor analisado, a variabilidade (variação em demanda) incorrida pela maior variedade de produtos possui impacto maior na produtividade do que o número de variantes de produto em si, ou seja, a condição de grande variabilidade aumenta a complexidade do planejamento de produção (impacto em administração logística), adiciona atividades de movimentação de material e eleva a probabilidade de defeitos e paradas de produção (estes dois configurando impacto no nível de serviço). Em sua simulação também encontraram relação positiva entre aumento da variedade de produtos e níveis de inventário, tendo analisado que, além dos requisitos regulares e contingenciais de inventário, houve impacto devido à maior quantidade de automóveis nas áreas de retrabalho nos casos em que havia maior variedade de produtos.

O estudo de Randall e Ulrich (2001) relaciona o impacto da variedade de produtos com os custos de produção (matéria prima, mão de obra, custos de projeto e equipamentos e custos indiretos) e com aqueles denominados pelos autores de custos de mediação de mercado (custos para manter estoques quando o fornecimento excede a demanda e os custos de vendas perdidas quando a demanda supera o fornecimento), utilizando dados da indústria de bicicletas dos Estados Unidos. Distinguem dois tipos de variedade: o de "produção dominante" (quando os custos de produção para aumentar o nível de variedade superam os custos de mediação de mercado - como ao requerer altos investimentos em maquinário) e o de "mediação dominante" (custos para aumentar variedade não requerem custos de produção elevados mas impactam substancialmente os custos de mediação de mercado - elevado custo de manutenção de inventário ou por vendas perdidas). Afirmam que o inventário é maior quando se tem maior variedade devido às incertezas da previsão de demanda.

Estes autores ainda analisam trade-offs e concluem que existe uma associação positiva entre produção próxima ao mercado consumidor com estoques reduzidos, mas produção ineficiente, e também positiva entre produção concentrada em poucas unidades fabris de produção eficiente porém distantes dos mercados consumidores. Esta última análise tem sido cada vez mais relevante em um contexto de tomada de decisão em relação a localização de produção ou fábricas em outros países.

Ao realizar a análise de dados do setor de aparelhos eletrônicos de uma companhia multinacional europeia do setor de utilidades elétricas de baixa e média voltagem, Crippa et al. (2010) analisaram os efeitos da introdução de nova variedade de produtos sem que haja um estudo profundo do impacto e ações necessárias na cadeia de suprimentos. Um dos efeitos negativos encontrados foi a maior dificuldade de se atingir o nível de serviço desejado e a menor acuracidade do planejamento de produção. Verificou-se também, devido à menor acuracidade do planejamento, aumento nos níveis de estoque, já que parte da variedade de produtos era produzida mas não era requisitada (uma das ações definidas no estudo foi a implementação de um estoque adicional ao já existente estoque de segurança). Definiram e utilizaram um indicador para quantificar o desalinhamento entre o que é produzido e o que é efetivamente solicitado pelos clientes, fornecendo uma ferramenta para auxiliar na gestão do processo.

Por fim foram identificados estudos que partiam do princípio da existência dos impactos negativos relacionados ao aumento da diversidade de produtos e propunham ou analisavam medidas destinadas a reduzir estes impactos nos custos logísticos.

O estudo realizado por Altfeld et al. (2011), visa evidenciar através de um estudo de caso de uma indústria do ramo de autopeças os benefícios que podem ser obtidos através da padronização de componentes e da estratégia de postergação. Um dos ganhos verificados com a redução da variedade de componentes foi a diminuição do número de fornecedores, o que reduz o esforço de gestão da cadeia de suprimentos, reduzindo os custos de administração logística. Outras consequências observadas foram a redução dos erros de fabricação, melhorando a confiabilidade do processo e melhorando o nível de serviço, e redução dos tempos de setup. A possibilidade de postergação com menor variedade de componentes ainda reduziu, no caso observado, o tempo de atravessamento (lead time), permitindo redução nos níveis de inventário.

Um exemplo sobre o impacto da comunização de componentes, ou seja, reduzindo-se a diversidade de componentes, nos estoques de segurança é descrito por Baker (1985). Ele simula um problema em que deseja-se atingir com a utilização de estoques de segurança um nível de serviço de disponibilidade de 90%, considerando que pode haver um excesso de demanda em relação ao previsto. O

resultado encontrado pelo autor é de que quando componentes dos produtos são comunizados o estoque de segurança pode ser reduzido, pois a agregação de demandas permite uma eficiência maior de atendimento de determinado nível de serviço.

Eynan e Rosenblatt (2007) estudam um sistema de produção que combina os métodos de montagem em avanço (AIA - Assemble in Advance) e montagem mediante pedido (ATO - Assemble to Order) para lidar com um ambiente de produtos diversos. O primeiro método é comumente utilizado para reduzir os custos com planejamento de produção, mas pode gerar excesso ou falta de produtos em estoque, enquanto o segundo busca alinhar o fornecimento à demanda, eliminando o desequilíbrio nos estoques. No ambiente com produtos diversos, verifica-se que a utilização de um método ou outro varia conforme o nível de comunização de componentes, que pode reduzir a variedade de componentes contribuindo para uma redução dos níveis de inventário totais.

Yeh e Chu (1991) exploram os possíveis impactos da ampliação da linha de produtos e propõem possíveis soluções para manter a vantagem competitiva. Citam como impactos diretos a possibilidade de atender as demandas do mercado consumidor podendo aumentar a participação de mercado, porém, não havendo aumento de capacidade produtiva, os tamanhos de lote tendem a ser reduzidos aumentando o número de setups, também aumentando os níveis de estoque, manuseio de materiais, esforço de supervisão e coordenação para suporte à produção.

Ainda, de acordo com Yeh e Chu (1991), a tarefa de programação da produção se torna mais complicada, desestabilizando o plano mestre de produção. Como impactos indiretos, relatam que a variedade de peças aumenta a variedade dos processos, novamente impactando negativamente nos itens já citados como impactos diretos. Como a manufatura se torna mais complicada com maior diversidade de produtos, ainda há probabilidade de aumento nos custos de manufatura, degradação na qualidade de produto/serviço, maior número de defeitos, e atrasos nos prazos de entrega.

4 RESULTADOS

Reunindo-se as informações das publicações analisadas, foi possível organizar o Quadro 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** relacionando o impacto nos custos logísticos escolhidos no início deste trabalho com cada referência analisada, com o objetivo de mais facilmente compará-los, possibilitando consolidar alguns resultados encontrados por diversos autores, e permitindo de maneira rápida a busca por literatura dos assuntos ou tópicos específicos que sejam de interesse do leitor.

			Relação dos elementos de custos com o aumento da variedade de produtos								
	Referência	Setor	Armazenagem e movimentação de materiais	Transporte	Embalagens	Manutenção de inventários	Tecnologia de informação	Decorrentes de lotes	Tributários	Decorrentes do nível de serviço	Administração logística
1	Altfeld et al., 2011	-	-	-	-	Aumenta	-	Aumenta	-	Aumenta	Aumenta
2	Baker, 1985	-	-	-	-	Aumenta	-	-	-	-	-
3	Benjaafar et al., 2004	-	-	-	-	Aumenta	-	Aumenta	-	Aumenta	Aumenta
4	Berry e Cooper, 1999	-	-	-	-	-	-	Aumenta	-	-	-
5	Cooper e Griffiths, 1994	Automotivo	Aumenta	Aumenta	-	-	Aumenta	-	-	-	Aumenta
6	Crippa et al., 2010	-	-	-	-	Aumenta	-	-	-	Aumenta	-
7	De Groot e Yücesan, 2011	-	-	-	-	Aumenta	Pode-se decidir aumentar para reduzir outros impactos	-	-	Aumenta	-
8	Er e Maccarthy, 2006	Indústrias Multinacionais	-	-	-	Aumenta	-	-	-	-	-
9	Eynan Rosenblatt, 2007	-	-	-	-	Aumenta	-	-	-	-	-
10	Fisher e Ittner, 1999	Automotivo	Aumenta	-	-	Aumenta	-	-	-	Aumenta	Aumenta
11	Huang e Su, 2013	Indústria de remanufatura	-	Aumenta	-	-	-	-	-	-	-
12	Kekre e Srinivasan, 1990	-	-	-	-	Reduz (como % da receita)	-	-	-	-	-
13	Martin e Ishii, 1996	-	Aumenta	-	-	Aumenta	Aumenta	Aumenta	-	Aumenta	Aumenta
14	Mauss et al., 2007	-	-	-	-	Pode-se reduzir	Aumenta	Aumenta	-	-	Aumenta
15	Randall e Ulrich, 2001	Indústria de bicicletas dos EUA	-	-	-	Aumenta	-	-	-	-	-
16	Syam e Bhatnagar, 2015	-	-	-	-	Aumenta	-	Aumenta	-	-	-
17	Thonemann e Bradley, 2002	-	-	-	-	Aumenta	-	Aumenta	-	-	-
18	Vilas e Vandaele, 2002	-	-	-	-	-	-	Aumenta	-	-	-
19	Wan e Dresner, 2015	-	Aumenta	-	-	Aumenta	-	Aumenta	-	Aumenta	-
20	Yeh e Chu, 1991	-	Aumenta	-	-	Aumenta	-	Aumenta	-	Aumenta	Aumenta

Quadro 1 - Quadro Resumo

5 CONCLUSÕES E DIRECIONAMENTOS FUTUROS

A análise das referências demonstrou a existência de impacto nos custos logísticos decorrente do aumento da variedade de produtos. Houve praticamente unanimidade na descrição do impacto negativo nos custos de manutenção de inventários e várias demonstrações do impacto nos custos decorrentes de lotes, decorrentes do nível de serviço e administração logística. Outros impactos em custos são menos abordados, mas ainda presentes nas discussões, como os de armazenagem e movimentação de material, transporte e tecnologia da informação, em sua maioria tratando do acréscimo dos custos.

Com o método de pesquisa empregado neste estudo não foram encontradas discussões sobre o impacto da variedade de produto nos custos de embalagens e custos tributários, mesmo buscando-se em publicações relevantes voltadas para a área de contabilidade, temas que poderão ser objeto de estudo mais específico futuramente.

Foi possível encontrar vasta literatura sobre meios de se tentar reduzir estes impactos que o aumento de variedade possui nas indústrias, principalmente relacionados à comunização de componentes, postergação do ponto de diferenciação dos produtos e customização em massa, os quais não foram o foco principal no escopo deste trabalho.

Um artigo que se destacou em meio a outros, foi o de Wan e Dresner (2015), ao analisar como decisões tomadas no passado relacionadas ao aumento da variedade de produtos tendem a influenciar decisões futuras. Sua conclusão de que os impactos positivos deste aumento são mais rapidamente identificáveis do que os impactos negativos pode ser útil gerencialmente, indicando um ponto de atenção para novas tomadas de decisão.

Outro estudo, de Huang e Su (2013) se difere ao abordar os impactos do aumento da variedade de produtos na logística reversa, enquanto a vasta maioria trata do fluxo logístico tradicional, possivelmente devido à atenção mais recente que tem se dado a esse mercado, que ainda apresenta um potencial elevado de oportunidades.

Os estudos aqui apresentados confirmam a ideia de que, embora possam haver impactos positivos relacionados ao aumento de vendas, existem impactos negativos relevantes nos custos logísticos com a adoção de maior variedade de produtos. São apresentadas formas de se estimar estes custos nos estudos, exemplos obtidos de casos reais e meios de se lidar com o aumento da variedade de produtos. Estes meios, aliados aos possíveis benefícios do aumento da variedade devem ser levados em conta ao se estruturar ou realizar alterações em operações logísticas, uma vez que decisões relacionadas a variedade de produtos envolvem diversos trade-offs muitas vezes ignorados e que podem corroer a margem de lucro caso não sejam tratados adequadamente.

6 REFERÊNCIAS

ALTFELD, N. et al. Impacts on Supply Chain Management through Component Commonality and Postponement: A Case Study. In: **Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists**, 2011, Hong Kong.

BAKER, K. R. Safety stocks and component commonality. **Journal of Operations Management**, v. 6, n. 1, p. 13-22, 1985.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BENJAAFAR, S.; KIM, J.; VISHWANADHAM, N. On the effect of product variety in production–inventory systems. **Annals of Operations Research**, Holanda, v. 126, n. 1-4, p. 71-101, 2004.

BERRY, W. L.; COOPER, M. C. Manufacturing flexibility: methods for measuring the impact of product variety on performance in process industries. **Journal of Operations Management**, v. 17, n. 2, p. 163-178, 1999.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D.J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

COLLIER, D. Aggregate Safety Stock Levels and Component Part Commonality. **Management Science**, v. 28, n. 11, p. 1296-1303, 1982.

COOPER, J.; GRIFFITHS, J. Managing variety in automotive logistics with the rule of three. **The International Journal of Logistics Management**, v. 5, n. 2, p. 29-40, 1994.

CRIPPA, R. et al. The impact of new product introduction on supply chain ability to match supply and demand. **International Journal of Engineering, Science and Technology**, v. 2, n. 9, p. 83-93, 2010.

DE GROOTE, Xavier. Flexibility and product variety in lot-sizing models. **European Journal of Operational Research**, v. 75, n. 2, p. 264-274, 1994.

DE GROOTE, X.; YÜCESAN, E. The impact of product variety on logistics performance. In: **Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2011 Winter**. IEEE, 2011. p. 2245-2254.

ER, M.; MACCARTHY, B. Managing product variety in multinational corporation supply chains: A simulation study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 8, p. 1117-1138, 2006.

EYNAN, A.; ROSENBLATT, M. J. The impact of component commonality on composite assembly policies. **Naval Research Logistics (NRL)**, v. 54, n. 6, p. 615-622, 2007.

FARIA, A. C.; COSTA M.F.G. **Gestão de custos Logísticos**. 1.ed. São Paulo: Atlas,2005.

FISHER, M.L.; ITTNER, C.D. The Impact of Product Variety on Automobile Assembly Operations: Empirical Evidence and Simulation Analysis. **Management Science**, v. 45, n. 6, p.771-785, 1999.

FISHER, M. L.; JAIN, A.; MACDUFFIE, J. P. Strategies for product variety: lessons from the auto industry.In: BOWMAN, E.; KOGUT, B. (Eds.). **Redesigning the Firm**.New York: Oxford University Press, 1995. p.116-154.

HUANG, S.; SU, J. C. Impact of product proliferation on the reverse supply chain. **Omega**, v. 41, n. 3, p. 626-639, 2013.

ISHII, K., JUENGEL, C., EUBANKS, C.F. Design for product variety: key to product line structuring. **ASME Design Engineering Division**, v. 83, n. 2, p. 499-506, 1995.

LEE, H. L.; TANG, C. S. Modelling the costs and benefits of delayed product differentiation. **Management science**, v. 43, n. 1, p. 40-53, 1997.

MARTIN, M. V.; ISHII, K. Design for variety: a methodology for understanding the costs of product proliferation. In: **Proceedings of The 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference**, California. 1996.

MAUSS, C. V.; MAGALHÃES, J. M.; SOUZA, M. A. A gestão estratégica de custos como instrumento para redução do *trade-off* entre custo e diferenciação baseada na flexibilidade. **ABCustos Associação Brasileira de Custos**, v. 2, n. 2, p. 1-27, 2007.

MOHEBBI, E.; CHOUBINEH, F. The impact of component commonality in an assemble-to-order environment under supply and demand uncertainty.**Omega**, v. 33, n. 6, p. 472-482, 2005.

PORTER, M. **Estrategia competitiva**. 2.ed.Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2004.

RANDALL, T.; ULRICH, K. Product variety, supply chain structure, and firm performance: Analysis of the US bicycle industry. **Management Science**, v. 47, n. 12, p. 1588-1604, 2001.

ROYER, R. Implantação da customização em massa na estratégia da manufatura.**XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Foz do Iguaçu, PR., 2007.

THONEMANN, U. W.; BRADLEY, J. R. The effect of product variety on supply-chain performance. **European Journal of Operational Research**, v. 143, n. 3, p. 548-569, 2002.

VILAS, C. O. y; VANDAELE, N. A cost and operations based product heterogeneity index. **International Journal of Production Economics**, v. 79, n. 1, p. 45-55, 2002.

YEH, K.; CHU, C. Adaptive strategies for coping with product variety decisions. **International journal of operations & production management**, v. 11, n. 8, p. 35-47, 1991.